

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Sutrisno dan Widodo (2012) perbandingan kandungan semen dalam campuran beton ringan terhadap kuat tekan beton ringn berbanding lurus dengan banyaknya semen yang digunakan dalam campuran. Pengaruh perbedaan kandungan semen dalam campuran beton ringan terhadap berat jenis beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya semen yang digunakan dalam campuran. Dalam penelitiannya agregat kasar yang digunakan adalah batu apung (*Pumice*) yang berasal dari Desa Bawuran, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul. Agregat kasar ini diperoleh dari proses pemecahan bongkahan batu besar kemudian digiling sesuai dengan kebutuhan dan dalam penelitiannya digunakan agregat berdiameter 19 mm. Keunggulan agregat kasar *pumice* adalah berat jenisnya lebih ringan disbanding dengan aggeregat lainnya dalam pembuatan beton pada umumnya, walaupun kekuatannya tidak lebih besar. *Pumice* berpotensi untuk beton ringan , akan tetapisifat dari *pumice* lemah, tetapi dapat ditingkatkan dengan memperbaiki kekuatan matrix. Kandungan semen sangat mempengaruhi kekuatan matrix sehingga dapat memperbaiki kuat tekan beton. Dipenelitian ini akan memanfaatkan breksi *pumice* sebagai bahan pengganti aggregate kasar dan dalam proses kerja pada penelitian ini menggunakan variasi substitusi semen. Metode yang digunakan yaitu persiapan benda uji , pembuatan benda uji adalah silinder beton ringan dengan variasi perbedaan prosentase kandungan semen dalam betondan aggeregat kasarnya diubah dengan *pumice*. Benda uji divariasikan menjadi empat macam mix design ,

yaitu mengubah perbandingan persentase kandungan semen dalam beton. Tahap ketiga tahap perawatan benda uji dan terakhir tahap pengujian benda uji.

Menurut Muryowidihardjo (1993) di wilayah DIY, menyimpan potensi yang sangat besar untuk pengembangan produksi berbasis breksi batu apung (*natural pumice*). Cadangan *pumice* yang tersimpan di DIY tercatat lebih dari 350 juta m<sup>3</sup>, yang meliputi wilayah kabupaten Bantul sebesar ±57,3 juta m<sup>3</sup>, Kabupaten Gunung Kidul ± 122,9 juta m<sup>3</sup> dan Kabupaten Sleman ± 214,8 juta m<sup>3</sup>, dimana masing lokasi terletak saling berdekatan

Hasil uji awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa breksi batu apung yang berada pada formasi batuan jenis 1600 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu apung memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan structural. Beberapa keuntungan menggunakan *pumice* sebagai berikut 1) *pumice* lebih ramah lingkungan (tidak banyak menimbulkan polusi udara berupa gas CO<sub>2</sub> sehingga tidak memicu global warming) karena dapat dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran, tidak seperti aggregate ringan buatan yang membutuhkan proses pembakaran, 2) lebih murah karena tersebar secara luas di wilayah DIY bahkan Indonesia., 3) dapat menyerap tenaga kerja di sekitar lokasi penambangan. (Moeljono, 1959). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk memenuhi persyaratan ACI *Committee 211*, (2004). Dipersyaratkan memiliki kuat tekan minimal 17,2 MPa dengan berat maksimal 1842 kg/m<sup>3</sup> (*ACI Manual of Concrete Practice*, 2006).

Batu apung adalah salah satu batuan sedimen, yaitu batuan vulkanis yang bobotnya ringan karena sangat berpori, *pumice* biasanya warnanya terang atau kulit

keputihan – putihan. *Pumice* juga sudah banyak dipakai sejak jaman romawi kuno, dengan cara digali, dicuci, lalu digunakan. Karena bobotnya ringan, maka jika digunakan sebagai aggregate pembuatan beton akan diperoleh beton yang ringan (Setty, 1997).

Menurut Hidayat (2012) melalui penelitiannya dengan metode memberikan variasi batu apung dan batu pecah pada benda uji dengan prosentase batu pecah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% maka didapatkan berat jenis rerata benda uji yaitu  $1815,26 \text{ kg/m}^3$ ,  $1938,39 \text{ kg/m}^3$ ,  $2012,97 \text{ kg/m}^3$ ,  $2121,84 \text{ kg/m}^3$ , dan  $2170,53 \text{ kg/m}^3$ . Dengan demikian berat jenis beton mengalami kenaikan dan berbanding terbalik dengan prosentase *pumice*. Sedangkan untuk kuat tekannya dengan prosentase *pumice* yang sama didapatkan 18,42 MPa ; 22,40 MPa ; 26,83 MPa ; 36,59 MPa ; 46,72 MPa. Dengan demikian maka kuat tekan beton dengan prosentase krikil mengalami kenaikan dan berbanding lurus dengan prosentase krikil. Pada penelitian ini batu apung (*pumice*) yang digunakan berasal hanya dari Desa Bawuran, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul.

ACI 213R 1987 menjelaskan terdapat beberapa agregat ringan yang dapat dipakai untuk menghasilkan beton agregat ringan antara lain *vermiculite*, *perlite*, batu apung (*pumice stone*), *scoria*, *expanded slag*, *expanded clay* dan *expanded slate*. Batu apung sebagai salah satu bahan agregat ringan terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi. Batu apung mempunyai *density* yang kecil yaitu antara 300–800  $\text{kg/m}^3$  dan termasuk agregat ringan. Batu apung mempunyai *density* kecil, absorpsi besar dan permukaan berpori yang menyebabkan beton agregat ringan batu apung akan mempunyai perilaku mekanik seperti kuat tekan

dan kuat Tarik yang berbeda dengan beton aggreget norma. Sifat porous batu apung menyebabkan lemahnya ikatan antara aggeragat dengan mortar pada interface zone (213R 1987) .

Menurut ACI 213R 1987 terdapat tiga jenis beton agregat ringan berdasarkan *density*, yaitu: a) Beton agregat ringan kepadatan rendah dengan *density* kering udara 400 – 800 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan antara 0,69–6,89 MPa. Agregat ringan yang digunakan antara lain *vermiculite* dan *perlite*. b) Beton agregat ringan kekuatan moderat dengan *density* kering udara 800–1400 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan antara 6,89–17,24 MPa. Agregat ringan yang digunakan antara lain batu apung (*pumice stone*) dan *scoria*. c) Beton agregat ringan struktural dengan *density* kering udara 1440 – 1850 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih besar dari 17,24 MPa. Agregat ringan yang digunakan antara lain *pumice stone*, *slag*, *clay* dan *slate* ACI (213R 1987).

Menurut *ASTM C567 1991 Bulk Density* atau *density* beton agregat ringan bervariasi tergantung pada *density* agregat, kadar semen dan factor air-semen. Secara umum *density* beton agregat ringan akan naik jika *density* agregat dan kadar semen meningkat, tetapi akan menurun jika faktor air-semen meningkat. *Density* beton agregat ringan sangat berpengaruh pada sifatsifat mekanik yang dihasilkan seperti kuat tekan dan kuat tarik. Beton agregat ringan dengan *density* rendah akan sukar dipadatkan sehingga segregasi yang terjadi menyebabkan rendahnya kuat tekan dan kuat Tarik (*ASTM C567 1991*).

Menurut Tripriyo (2010) melalui penelitiannya tentang beton aggreget ringan dengan substitusi parsial batu apung sebagai aggereget kasar yang bertujuan

untuk mengetahui kadar optimum substitusi parsial batu apung sebagai agregat kasar pada beton agregat ringan yang berkaitan dengan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Sifat – sifat batu apung sebagai agregat ringan diuji dengan pengujian grading, density, specific gravity dan absorpsi. Pengujian dilakukan terhadap empat jenis agregat campuran berdasarkan perbandingan prosentase agregat ringan batu apung dan agregat normal yaitu 0:100, 20:80, 30:70 dan 50:50. Mengingat permukaan berongga batu apung maka dilakukan perbaikan permukaan dengan *cement pasta coating*. Rencana mutu beton 40 MPa. Benda uji beton berbentuk silinder 150x300 mm Benda uji dibagi menjadi beberapa seri pengujian dengan kadar substitusi parsial batu apung yang berbeda yaitu 0%, 20%, 30%, 50% terhadap berat agregat kasar. Dari evaluasi kuat tekan dan kuat tarik belah beton diambil kadar optimum batu apung. Berdasarkan kadar optimum batu apung dibuat beberapa seri benda uji untuk melihat pengaruh penambahan *fly ash* 20% dan 30% serta *additive* berupa *superplasticizer* (*sikament LN*) dan *retarder* (*plastiment Vz*). Pengujian pada benda uji terdiri dari uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah berturut-turut mengikuti standar ASTM C39-94 dan ASTM 496-96 menyatakan beton agregat ringan dengan *density* sebesar 1850 kg/m<sup>3</sup>, kuat tekan dan kuat tarik belah beton maksimum yaitu 39,21 Mp dan 4,05 Mpa pada kadar substitusi parsial batu apung 20% dari berat agregat kasar, penambahan *fly ash* 20%, *additive* sikament Ln 1,5% dan *plastiment Vz* 0,4% dari berat semen dan perbaikan permukaan batu apung dengan *cement pasta coating*.

Menurut penelitian Setiawan (2012) tentang pemanfaatan beton ringan dari agregat pumice dengan penambahan abu sekam padi sebagai pengganti beton

biasa untuk struktur bangunan dengan metode penelitian menambahkan abu sekam padi secara bervariasi (0%,2%,4%,6%,8%, dan 10%) pada beton ringan pumice dengan perbandingan 1 semen : 2 pasir : 2 pumice guna mengetahui kadar optimum abu sekam padi dalam meningkatkan kuat tekan beton ringan menghasilkan kesimpulan bahwa beton ringan agregat pumice dengan perbandingan ( 1 : 2 : 2 ) dengan penambahan abu sekam,kondisi optimum dicapai pada kadar abu sekam 10%, namun ini masih mungkin meningkat meskipun kecendrungan meningkatnya semakin berkurang. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk kadar yang lebih tinggi variasi abu sekamnya agar lebih baik.

Menurut penelitian Suarnita (2005) tentang kapasitas lentur balok beton bertulang dengan Styrofoam sebagai pengganti agregat kasar dengan metode penelitian pembuatan benda uji balok beton Styrofoam dengan proposi campuran adalah 350 kg semen : 200 kg pasir : 15 kg Styrofoam dan air sebanyak 157,5 liter (nilai  $f_{as} = 0,45$ ). Pengujian silinder beton Styrofoam menghasilkan kuat tekan beton rata – rata ( $f_c'$ ) = 1,60 MPa, modulus elastisitas rata – rata beton Styrofoam ( $E_c$ ) = 443 Mpa, regangan ultimate rata – rata beton Styrofoam ( $\epsilon_c'$ ) = 0,0143, dengan berat jenis rata – rata = 727 kg/m<sup>3</sup>. Beton Styrofoam bersifat daktail, sehingga analisis kapasitas momen nominal balok ( $M_n$ ) teori beton normal (SNI) yang mengasumsikan regangan beton ( $\epsilon_c'$ ) = 0,003 tidak relevan digunakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan tulangan tarik tidak menaikkan kapasitas momen nominalnya karena pada balok terjadi keruntuhan geser. Pengaruh dari perbandingan bentang geser ( $a$ ) dengan tinggi efektif ( $d$ ), tidak nampak signifikan pada balok beton Styrofoam ringan ini. Pola retak yang terjadi umumnya adalah

retak yang terfokus pada satu daerah dimana terjadi retak awal. Retak ini makin melebar seiring dengan penambahan beban sampai pada keruntuhan balok.

Menurut Joedono (2006) dalam penelitiannya tentang karakteristik beton ringan dengan agregat kasar batuan piroklastik merah / batu apung dengan metode penelitian benda uji beton batuan merah maupun batu apung berbentuk silinder 150 mm x 300 mm. Diameter maksimum agregat yang digunakan adalah 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 10 buah untuk masing – masing variasi ukuran agregat. Pengujian dilakukan adalah uji tekan, modulus elastis, dan kuat tarik belah dihasilkan bahwa menggunakan agregat kasar batuan piroklastik merah maupun batu apung pada diameter agregat maksimum 15 mm, diperoleh kuat tekan maksimum masing – masing 24,26 MPa dan 7,94 MPa. Modulus elastis sebesar 19.366,26 MPa dan 5.885,86 MPa. Kuat Tarik belah 3,01 MPa (piroklastik merah pada diameter agregat maksimum 10 mm) dan 0,874 MPa (batu apung terjadi pada diameter maksimum agregat batu apung 20 mm). data yang diperoleh beton ringan batu apung lebih fluktuatif bila dibanding beton ringan piroplastik merah.

Menurut Pathurahman (2006) pada penelitiannya tentang dinding pracetak beton ringan sebagai dinding geser bangunan rendah ( ditinjau terhadap beban lateral statik ) dengan metode penelitian benda uji berjumlah 9 buah dengan spesifikasi 3 buah portal dinding tanpa tulangan, 3 buah portal dinding dengan tulangan dan 3 buah portal kosong. Dinding pracetak terbuat dari beton ringan dengan ukuran lebar 100 cm x tinggi 150 cm x tebal 6 cm. tulangan dinding terbuat dari baja tulangan berdiameter 4 mm berjarak 7,5 cm x 15,5 cm yang dilas titik.

Sedangkan portal terdiri dari balok dan kolom berukuran 8 cm x 8 cm yang terbuat dari beton normal dengan diameter tulangan 6 mm menghasilkan data sebagai berikut, PDDT, PDDT dan PK mampu menahan beban lateral static masing – masing 2279,290 kg, 2868,965 kg dan 208,652 kg. Dinding tanpa tulangan dan dinding dengan tulangan memberikan sumbangan kekuatan dan kekakuan pada portal kosong masing – masing 90,85 % dan 92,73 % dalam menahan beban lateral static. Sedangkan penggunaan tulangan pada dinding pracetak memberikan sumbangan kekuatan dan kekakuan pada portal dinding 20,57 %. Penggunaan dinding dapat meningkatkan daktilitas portal kosong. Sedangkan deformasi portal dinding saat diberi beban lateral static mendekati deformasi portal kosong. Dinding tidak mengalami retak karena kegagalan struktur disebabkan keruntuhan yang terjadi pada portal pondasi.

Menurut Sukoyo (2011) meneliti tentang peningkatan kuat tekan dan kuat tarik beton dengan penambahan *fiber* baja. Dalam penelitiannya menyebutkan bahwa dengan penambahan *fiber* baja berupa kawat bendrat pada beton akan meningkatkan kuat tekan beton maksimum sebesar 4,72% yaitu pada beton mutu normal 24,67 MPa dan meningkatkan kuat tarik beton maksimum sebesar 12,14% yaitu pada beton mutu normal 37,09 MPa. Selain itu, penambahan *fiber* pada beton mutu normal lebih signifikan dibandingkan pada beton mutu tinggi. Hal tersebut disebabkan karena pada beton mutu tinggi *water cement ratio* nya kecil, sehingga dengan adanya *fiber* baja terjadi pengurangan volume air untuk reaksi kimianya.

Menurut Gunawan (2014) meneliti tentang pengaruh penambahan serat galvalum pada beton ringan dengan teknologi foam terhadap kuat lentur, *toughness*



dan *stiffness*. Dalam penelitiannya digunakan adalah metode eksperimental yang kemudian dilakukan analisis secara teoritis. Nilai kuat lentur pada serat 0%; 0,25%; 0,5; dan 1% berturut-turut adalah 104,28 t/m<sup>2</sup>; 110,31 t/m<sup>2</sup>; 182,99 t/m<sup>2</sup>; dan 134,98 t/m<sup>2</sup>, pada serat 0,5% terjadi kenaikan kuat lentur sebesar 75,48 %. Nilai *Toughness* terbesar terjadi pada penambahan serat 0,5% dengan nilai 1407 Nmm mengalami perubahan sebesar 121,92 %. *Stiffness* dengan kadar serat galvalum sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 1% yang diuji pada umur 28 hari adalah 5001,65 N/mm; 7277,67 N/mm; 8472,88 N/mm dan 7957,14 N/mm. Penambahan ka meneliti tentang perkuatan geser adar serat sebesar 0,5% menghasilkan nilai *Stiffness* sebesar 69,40 % dibandingkan dengan beton ringan foam tanpa serat.

Menurut Kartini (2007) menelit tentang penggunaan *polypropylene* untuk meningkatkan kuat Tarik belah beton. Dalam penelitiannya digunakan penambahan *polypropylene fiber* dengan panjang 12 mm sebesar 0 ; 0,3 ; 0,6 dan 0,9 Kg/m<sup>3</sup>. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,55 dan 0,35, sedangkan metode yang digunakan dalam pencampuran beton menggunakan metode ACI. Untuk pengujian kuat tarik belah ini digunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur pengujian pada 28, 56, dan 90 hari. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa untuk campuran beton mutu normal dan mutu tinggi mempunyai dosis penambahan polypropylene efektif pada 0,9 Kg/m<sup>3</sup>. Peningkatan kuat tarik belah yang terjadi pada beton normal sebesar 3,17 % dibandingkan beton tanpa fiber dan pada beton mutu tinggi mengalami peningkatan sebesar 5,76 % dibandingkan beton tanpa fiber.

Menurut Yulianti (1998) meneiti tentang analisis fiber model balok beton bertulang dengan studi kasus balok beton ringan bertulang *pumice*. Dalam penelitiannya menganalisa dengan membagi penampang menjadi serat-serat dan memberikan sifat non-linier material beton dan baja pada masing-masing serat, sedangkan sifat non-linier geometri penampang diabaikan. Empat asumsi dasar pada analisa ini yaitu penampang datar sebelum mengalami lentur akan tetap datar setelah mengalami lentur; hubungan tegangan-regangan tulangan baja diketahui, kuat tank beton diabaikan dan hubungan tegangan-regangan beton yang menggambarkan besar dan distribusi tegangan tekan diketahui. Analisa fiber model diselesaikan secara numerik menggunakan bahasa pemrograman visual basic. Berdasarkan sifat material dan geometri penampang balok, dapat ditentukan distribusi regangan dan distribusi tegangan pada suatu nilai kurvatur. Dengan prinsip keseimbangan gaya internal beton, tulangan baja tekan dan tarik, dapat diperoleh nilai momen lentur penampang pada nilai kurvatur tersebut. Kombinasi sifat non-linier beton dan baja pada analisa ini menghasilkan penyelesaian analitis berupa non-linieritas hubungan momen-kurvatur yang menggambarkan perilaku penampang balok beton bertulang. Deformasi (rotasi dan lendutan) balok sangat penting untuk diketahui. Balok beton bertulang yang dibebani jenis pembebanan tertentu menghasilkan distribusi momen sepanjang bentang. Berdasarkan kurva momen-kurvatur maka distribusi kurvatur dapat diketahui. Selanjutnya, rotasi dan lendutan balok dihitung dengan mengintegrasikan kurvatur sepanjang bentang balok tersebut. Sebagai studi kasus, digunakan data pengamatan lendutan hasil penelitian balok beton ringan bertulang *pumiced*. Nilai lendutan yang dihasilkan program

komputer analisa fiber model dibandingkan dengan data pengamatan lendutan hasil penelitian. Perhitungan lendutan secara teoritis menggunakan rumus yang ada dengan batasan-batasannya juga dilakukan dan dibandingkan dengan hasil penelitian. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa prosentase kesalahan analisa fiber model terhadap hasil penelitian lebih kecil daripada prosentase kesalahan hasil perhitungan teoritis terhadap hasil penelitian. Program komputer analisa fiber model dapat digunakan untuk mengetahui perilaku penampang balok beton bertulang. Hasil penyelesaian analitis yang didapat berupa non-linieritas hubungan momen-kurvatur, memperlihatkan nilai momen lentur dan kurvatur saat tulangan tank leleh (yield moment and curvature). Analisa ini dapat dimanfaatkan untuk memberikan prediksi awal perilaku balok beton bertulang sebelum dilakukan penelitian, khususnya perilaku beban-lendutan pada balok.

Menurut Ariatama (2007) meneliti tentang pengaruh pemakaian serat berkaitan pada kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan optimasi diameter serat adalah Serat kawat yang digunakan mempunyai diameter 0,6 mm dengan panjang 36 mm, 45 mm dan 54 mm. Untuk diameter 0,9 mm dengan panjang 54 mm, 67,5 mm dan 81 mm. Untuk diameter 1,2 mm dengan panjang 72 mm, 90 mm dan 108 mm sehingga diperoleh aspek rasio untuk tiap-tiap diameter 60, 75 dan 90. Pengujian beton meliputi kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur. Untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Untuk pengujian kuat lentur dilakukan terhadap benda uji berbentuk balok dengan ukuran 150 mm × 150 mm × 600 mm. Serat yang digunakan dalam bentuk berkait. Benda uji terdiri dari 54 silinder dan

27 balok beton serat serta 6 silinder dan 3 balok beton normal. Konsentrasi serat untuk masing-masing beton serat adalah 2 %. Dari pengujian *slump test* dapat disimpulkan bahwa penambahan serta semakin besarnya diameter serat akan menurunkan *workability* dari campuran beton. Dan dari pengujian diperoleh kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton yang lebih tinggi dari beton normal. Sedangkan dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah didapatkan nilai yang optimal pada diameter 0,9 mm dengan panjang serat 67,5 mm. Untuk kuat tekan mengalami peningkatan 14,67 % dibandingkan beton normal. Untuk kuat tarik belah mengalami peningkatan 33,46 % dari beton normal. Dari pengujian kuat lentur beton didapatkan nilai yang optimal pada diameter 0,9 mm dengan panjang 54 mm. Pada pengujian kuat lentur diperoleh peningkatan 48,06 % dibandingkan beton normal.

Menurut Singgih Prasetyo (2012) meneliti tentang efek penambahan campuran serat baja dan serat *polypropylene* dengan agregat breksi batu apung terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton ringan. Penambahan serat *polypropylene* 0,1% dan serat baja dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% menghasilkan nilai kuat Tarik belah beton ringan mencapai nilai optimum pada variasi 1,5% sebesar 3,43 Mpa sedangkan penurunan pada variasi 2% sebesar 3,24 Mpa. Pengujian kuat lentur mencapai nilai optimum pada variasi 1,5% sebesar 8,08 Mpa dan penurunan terjadi pada variasi 2% sebesar 8,04 Mpa.